UNTERSUCHUNGEN MIT DEM CHRISTEN'SCHEN ENERGOMETER.

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR

ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE

IN DER GESAMTEN MEDIZIN

VERFASST UND
EINER HOHEN MEDIZINISCHEN FAKULTÄT
DER KGL. BAYER. LUDWIG-MAXIMILIANS-
UNIVERSITÄT ZU MÜNCHEN

VORGELEGT VON

EUGEN DROUVEN
MEDIZINALPRAKTIKANT AUS AACHEN.

LEIPZIG.
VERLAG VON F. C. W. VOGEL.
1913.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548309_0095

UNTERSUCHUNGEN MIT DEM CHRISTEN'SCHEN ENERGOMETER.

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR

ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE

IN DER GESAMTEN MEDIZIN

VERFASST UND
EINER HOHEN MEDIZINISCHEN FAKULTÄT
DER KGL. BAYER. LUDWIG-MAXIMILIANS-
UNIVERSITÄT ZU MÜNCHEN

ACAD.
LUGD. BAT.
BIBL.

VORGELEGT VON

EUGEN DROUVEN
MEDIZINALPRAKTIKANT AUS AACHEN.

LEIPZIG.
VERLAG VON F. C. W. VOGEL.
1913.

Gedruckt mit Genehmigung der medizinischen Fakultät
der Universität München.

Referent: Herr Prof. Dr. Fr. Müller.

Bei der Wichtigkeit des Pulses für die Beurteilung der Kreislaufsverhältnisse ist es begreiflich, daß man ihm von jeher große Aufmerksamkeit geschenkt hat. Leider ist aber nur ein Teil der Erscheinungen, die er darbietet, in exakter Weise geklärt und genauen klinischen Untersuchungsmethoden zugänglich gemacht worden. Dies ist der zeitliche Verlauf der Pulswelle. Über ihn gibt das Sphygmogramm Aufschluß. Unsere Kenntnisse über die Mechanik des Pulses sind jedoch gering. Die einzige gebräuchliche objektive Untersuchungsmethode, die in dieses Gebiet fällt, ist die Sphygmomanometrie. Eine „Druckmessung" ist aber nur für statische Verhältnisse erschöpfend, während sich bei einem dynamischen System, wie es der Kreislauf ist, wo es sich um bewegte Massen handelt, die Druckmessung nur auf die treibende Kraft bezieht, die erzielte Wirkung aber gänzlich außer Acht läßt. Es ist das Verdienst Sahli's das Problem der Dynamik des Pulses erkannt zu haben. Er prägte den Begriff der „Energie des Pulses". Energie ist die Fähigkeit Arbeit zu leisten. Jeder Pulsschlag ist der Ausdruck einer geleisteten Arbeit. Gewiß ist es berechtigt dieser neuen Fragestellung nachzugehen nnd zu versuchen diese Arbeit in exakter Weise zu bestimmen.

Zu dieser Bestimmung gibt es heute drei Methoden, die Sphygmobolometrie und Sphygmobolographie von Sahli und die Energometrie von Christen. Bei diesen Methoden wird der Pulswelle ein Hindernis — pneumatische Manschette bei Sphygmobolometrie und Energometrie, Feder des Sphygmographen bei der Sphygmobolographie — in den Weg gestellt und die Arbeit bestimmt, welche die Pulswelle gegenüber diesem stauenden Hinder-

nis leistet. Durch die Apparatur wird also der physiologische Ablauf der Pulswelle gestört, und es wird demzufolge auch nicht die mechanische Energie der physiologischen Pulswelle gemessen. Daher könnte für die Betrachtung der Ergebnisse dieser Methoden der Ausdruck „Energie des Pulses“ irreführend sein. Hierauf weißt Christen hin und gebraucht genauer die Bezeichnung „Mechanische Energie des Pulsstoßes“. Er bezeichnet als Pulsstoß die Bewegung der Pulswelle, die gegenüber einem gegebenen Hindernis stattfindet. Für die vorliegenden Untersuchungen wurde das Energometer benützt.

Seine Einrichtung und Handhabung ist folgende. Eine pneumatische Manschette, wie sie vom Sphygmomanometer Riva-Roccis her bekannt ist, steht durch Schläuche in Verbindung mit einer Luftpumpe, einem trägheitsfreien Manometer und einem graduierten Metalltubus, der von Christen sogenannten Volumspritze, in dem ein Stempel durch eine Schraubvorrichtung auf und ab bewegt werden kann. Außerdem ist noch ein größerer Metalltubus angeschlossen, der es gestattet, den Luftraum im ganzen System größer oder kleiner zu machen. Man legt nun die Manschette um den Oberarm [1]) und befestigt sie so, daß sie überall gleichmäßig und unter gelindem Drucke anliegt. Dann pumpt man Luft in die Manschette bis zu einem beliebigen Druck und beobachtet die Manometerausschläge, die der Pulsstoß hervorruft. Der Apparat ist dicht genug, um während der wenigen Pulsschläge, die man zu einer Messung benötigt, keine Luft zu verlieren und dadurch den Druck im System zu verändern. Wir wollen nun annehmen, die Manometernadel pendele zwischen den Zahlen a als dem niedrigeren Druck und b als dem höheren Druck hin und her. Diese Druckerhöhung von a bis b kommt dadurch zustande, daß beim Pulsschlag eine gewisse Menge Blut unter die Manschette fließt, die den Luftraum der Manschette um ihr Volumen verkleinert. Wir verschieben nun den Stempel in der Volumenspritze so lange, bis die obere Grenze b der Manometerausschläge zur unteren Grenze wird. Dann haben wir den allgemeinen Luftraum um ein Volumen verkleinert, daß dem durch den Puls hervorgebrachten entspricht. An der Teilung der Spritze können wir jetzt dieses Volumen ablesen.

Durch diese Bestimmung, die sich in wenigen Sekunden ausführen läßt, kennen wir also das Volumen der Blutmenge, die bei

1) Christen gibt als Stelle der Messung den Unterschenkel an; es soll später dargelegt werden, warum diese Stelle mit dem Oberarm vertauscht wurde.

einem bestimmten Druck $\frac{a+b}{2}$ bei jedem Pulsschlag unter die Manschette fließt. Bezeichnen wir nun dies Volumen mit V, den Druck mit P, so ist die Arbeit, die hierbei geleistet wird, oder anders ausgedrückt die Energie E, die hier zu Geltung kommt, $E = P \cdot V$. Die Benennung von E ist grcm.

Man kann nun P verschiedene Werte annehmen lassen. Durch Multiplikation mit dem entsprechenden V erhält man dann auch verschiedene Werte für E. Multipliziert man E mit der Anzahl der Pulsschläge in der Minute und dividiert durch 60, so findet auch die Frequenz des Pulses und damit die Zeit ihren Ausdruck, und man erhält die Leistung L.

Die Resultate, die sich bei Anwendung dieser Methode ergaben, sollen nun folgen.

Tab. I.

Name	V	D	E	L	Name	V	D	E	L
Re.	1,0	130	130	139	Scha.	1,2	120	144	173
Pi.	1,4	110	156	198	Le.	1,5	110	165	220
Ko.	1,4	110	180	216	Rei.	1,4	110	154	205
Sto.	1,4	110	156	218	Fe.	0,9	110	99	125
Fei.	1,4	110	156	187	Doc.	1,4	110	154	216
Rei.	1,0	130	130	130	Ed.	1,3	130	169	203
Wo.	1,6	110	176	211	Ko.	1,4	110	154	185
Fol.	1,4	110	156	172	Da.	1,4	130	182	255
Le.	1,5	110	165	209	Sti.	1,4	110	156	156
So.	1,3	110	156	218	Fe.	1,2	110	132	141
Ret.	1,4	110	154	184	Co.	1,2	130	156	182
Ho.	1,5	110	165	220	Schu.	1,4	110	156	187
Hu.	1,3	110	143	191	Oc.	1,2	130	156	187
Schi.	0,9	110	104	139	Wi.	1,4	130	182	243
Wi.	1,2	90	131	175	Fr.	1,1	110	121	165

Tabelle I gibt eine Zusammenstellung von Werten, die durch die Energometrie bei 30 Personen gefunden wurden. Es handelt sich um junge Leute vom Ende des zweiten und Anfang des dritten Lebensjahrzehnts. Es sind ausschließlich gesunde, körperlich tüchtige Individuen, bei denen subjektiv und objektiv — was Perkussion und Auskultation angeht — kein abnormer Herzbefund bestand. Ihre Lebensbedingungen sind die gewöhnlichen. Größere körperliche Anstrengungen gingen den Messungen nicht vorauf. Als wichtigste der mit der Energometrie gefundenen Werte sind in der Tabelle zusammengestellt.

1. Das größte bestimmte Füllungsvolumen des unter der Manschette liegenden Arterienstückes: V,

2. der hier zugehörige Druck in der Manschette: D,
3. die durch Multiplikation von V und zugehörigem Druck gefundene größte Energie: E des einzelnen Pulses,
4. die durch Multiplikation von E mit der Zahl der Pulse in der Minute und folgende Division durch 60 gefundene Leistung des Pulses: L.

Stellen wir die sich hierbei ergebenden äußersten Werte zusammen, so schwanken sie für

V	zwischen	0,9	und	1,6
D	„	90	„	130
E	„	99	„	182
L	„	125	„	255

Im Gegensatz zu Tabelle I zeigt Tabelle II die gleichen Werte bei Personen, die unmittelbar vor der energometrischen Untersuchung körperlich tätig waren. Die Art der Leistung ist angegeben.

Tab. II.

Name	Leistung	V	D	E	L
Sta.	Geräteturnen	1,5	150	225	300
He.	Geräteturnen	1,5	130	195	260
Rie.	Geräteturnen	1,6	130	210	350
La.	Geräteturnen	2,2	110	242	274
Gr.	Geräteturnen	1,4	130	182	255
Schr.	Geräteturnen	1,1	150	165	286
Schl.	Fußball	1,2	110	143	235
Ee.	Fußball	1,25	110	132	220
Rei.	Fechten	1,7	110	195	247
Wi.	Fußball	1,5	110	165	286

Aus Tabelle I geht hervor, daß die Werte für V, E und L bei verschiedenen Personen keineswegs konstante sind, sondern in erheblichem Maße voneinander abweichen. Für die Beurteilung der Größe dieser Abweichungen bei E und L muß man überdies berücksichtigen, daß die unvermeidlichen Versuchsfehler durch die Multiplikationen vergrößert werden. Daß es keinen Normalwert für verschiedene gesunde Personen in der Ruhe gibt, ist gut vorstellbar. Es liegt zwar hier der Vergleich mit der „Blutdruckmessung“ nahe und den hierbei zu erhaltenden ziemlich konstanten Werten beim Gesunden. Es wäre aber grundfalsch, hier auch nur den geringsten Vergleich anstellen zu wollen. Das Ziel der Energometrie ist es, die mechanische Energie des Pulsstoßes und in ihr

einen aliquoten Teil der Herzenergie zu messen, unter der Voraussetzung, daß dieser Teil bei verschiedenen Personen ungefähr der gleiche sei. Es ist klar, daß die Herzenergie bei verschiedenen Personen eine verschiedene ist. Deshalb ist auch eine verschiedene Energie des Pulsstoßes nicht verwunderlich. Dieser Verschiedenheit scheinen jedoch für den Zustand der Ruhe beim Gesunden Grenzen gesetzt zu sein, Grenzen, die wenigstens so klein sind, daß sie es erlauben, den Zustand der Ruhe, also der minimalen Herzarbeit mit einem Zustand gesteigerter Herzarbeit bei verschiedenen Personen zu vergleichen. Es wäre ja natürlich wünschenswert, einen solchen Vergleich anstellen zu dürfen. Daß ein Vergleich möglich ist, zeigt die Gegenüberstellung von Tabelle I und II. Für die Personen von Tabelle 2 konnte man ja eine gesteigerte Herzleistung annehmen. Die höchsten Werte der Tabelle I liegen stets unter den höchsten der Tabelle III. Auch die Ausrechnung der Durchschnittszahlen ergibt diese Erhöhung der Werte von Tabelle II gegenüber der von 1. Sie sind für

	Tabelle I.	Tabelle II.
V	1,3	1,49
E	151	185
L	188	271

Immerhin sind die Grenzen der Werte für gesunde Individuen unter gleichen Versuchsbedingungen weit gezogen. Es ergibt sich aus Tabelle I, daß die Energie und Leistung der einzelnen Herzen um 100 % voneinander abweichen können.

Die Fragestellung nach der Änderung der Energie des Pulsstoßes bei körperlicher Arbeit wurde in einer Serie von Versuchen nachgegangen, deren Ergebnis in Tabelle III aufgeführt ist.

Es handelt sich hier um Messungen, die vor und nach Arbeit gemacht sind. Die Arbeit bestand in zehnmaligen Kniebeugen mit gleichzeitigem Aufwärtsstemmen einer 4 kg schweren Stange. Wegen des verschiedenen Körpergewichtes der einzelnen Personen, das ja bei der Kniebeuge in Betracht kommt, war diese Leistung nicht für alle gleich groß. Es mußte jedoch eine Übung gemacht werden, die einerseits so anstrengend war, daß sie greifbare Unterschiede vorher und nachher lieferte, andererseits mußte die gesamte Körpermuskulatur gebraucht werden. Es zeigte sich nämlich in einigen Fällen, daß die Werte für V und E nach Übung einzelner Muskelbezirke — 20 malige Kniebeuge — geringer wurden, bei Meßstelle am Oberarm, was wohl durch eine Umlagerung von

Blut nach den tätigen Muskeln zu erklären ist. Ausführende Personen waren turnerisch geübte Leute, so daß diese körperliche Leistung nicht etwa deswegen als ungeeignet angesehen werden muß, weil sie allzu ungewohnt war. Als neue Rubrik ist in der Tabelle zum genaueren Vergleich noch die Pulsfrequenz: F aufgeführt.

Tab. III.

Name	vor Arbeit					nach Arbeit				
	F	V	D	E	L	F	V	D	E	L
Fol.	66	1,4	110	156	172	84	1,4	130	182	255
Le.	76	1,5	110	165	209	84	1,9	110	209	293
So.	84	1,3	110	156	218	84	1,6	110	176	246
Ret.	72	1,4	110	154	184	72	1,6	110	176	211
Ho.	80	1,5	110	165	220	96	2,0	110	220	352
Hu.	80	1,3	110	143	191	92	1,2	110	132	202
Schm.	80	0,9	110	104	139	90	1,2	110	132	198
Wie.	80	1,2	90	131	175	84	1,5	110	165	231
Scha.	72	1,2	120	144	173	80	1,2	120	144	192
Le.	80	1,5	110	165	220	96	1,6	110	182	291
Rei.	80	1,4	110	154	205	92	1,3	110	143	219
Fe.	76	0,9	110	99	125	84	1,1	110	121	169
Doc.	84	1,4	110	154	216	92	1,4	110	156	239
Kr.	72	1,4	110	154	185	84	1,6	110	176	246
Da.	84	1,4	130	182	255	92	1,5	130	195	299

Tab. IV.

Name	Differenzen von			
	F	V	E	L
Fol.	16	0	16	83
Le.	8	0,4	44	84
So.	0	0,3	20	28
Ret.	0	0,2	22	27
Hb.	16	0,5	55	115
Hu.	12	—0,1	—11	11
Schm.	10	0,3	33	59
Wie.	4	0,3	34	56
Scha.	8	0	0	17
Le.	16	0,1	17	71
Rei.	12	—0,1	—11	14
Fe.	8	0,2	22	44
Doe.	8	0	— 2	23
Kr.	12	0,2	22	61
De.	8	0,1	13	44

Tabelle IV bringt die Differenzen zwischen den zugehörigen Werten der beiden Reihen in Tabelle 3. Es zeigt sich hier, daß

überall die Leistung zugenommen hat. Diese Zunahme ist aber bei verschiedenen Individuen in verschiedener Weise zustande gekommen, bei dem einen vorwiegend durch Steigerung der Pulsfrequenz, beim anderen durch Steigerung des Volumens. Der Effekt des einzelnen Pulsschlages E kann dabei gesteigert oder vermindert sein, auch V kann sinken oder unverändert bleiben, obgleich Steigerung die Regel ist. Für die Beteiligung der beiden Faktoren V und E an der Zunahme von L läßt sich eine gesetzmäßige Beziehung nicht sicher finden.

Als höchste Zahlen für V, E und L finden wir 2,0 220, 352. Die gegenüber der Norm von 1,3, 151 und 188 vermehrte Herzarbeit, die sich hierin ausspricht, ist von einem klinisch gesunden Herzen unter dem Einfluß von Muskelarbeit hervorgebracht worden. Derselbe Herzmuskel ist also in der Lage, seine Leistung beträchtlich zu steigern. Bei andauernder Mehrarbeit führt diese Steigerung zu einer Hypertrophie des Herzens, zu der sich unter Umständen eine Vermehrung der Füllung hinzugesellen kann. Als Beispiel, wie solche Hypertrophieen sich energometrisch verhalten, seien die Zahlen für einige solcher hypertrophischer Herzen angeführt. Den Anlaß zur Hypertrophie gab im ersten Fall eine Aorteninsufficienz. In den beiden anderen chronische Nephritis. Wir finden hier

	V	D	E	L
Bu.	2,2	110	247	313
Se.	2,1	190	437	466
Li.	2,0	170	342	342

Was die Verwendung des Energometers bei Herzklappenfehlern angeht, so muß man beachten, daß man nur bei der Aorteninsufficienz berechtigt ist, aus den in der Peripherie des großen Kreislaufs gefundenen Werten Rückschlüsse auf die Herzenergie zu machen, denn nur in diesem Fall kommt die Energie peripher ganz zum Ausdruck, während bei den übrigen Klappenfehlern ein Teil der Energie im Herzen selbst oder im kleinen Kreislauf verbraucht wird.

Bei der Aorteninsuficienz muß man das Füllungsvolumen des unter der Manschette liegenden Arterienstückes gegenüber der Norm als vermehrt annehmen. Die Verschiedenheit der einzelnen Herzen ist jedoch so groß, daß diese Vermehrung nicht absolut, d. h. gegenüber den Werten anderer Herzen, sondern nur immer relativ, d. h. mit Beziehung auf den gesunden Zustand des nun veränderten Herzens zu sein braucht. Dies geht aus den bei einigen sicheren Aortenisufficienzen gefundenen Werten deutlich hervor. So findet sich

	V	D	E	L
Bu.	2,2	110	247	313
Kr.	2,0	90	198	224
Gr.	1,2	110	135	180

In zwei Fällen liegen die Werte bedeutend über dem Mittel normaler Herzen, in dem dritten jedoch darunter. Es war dies ein schwächlich entwickelter junger Mann von 20 Jahren.

Bei einer anderen außergewöhnlichen Herzfunktion, der Bradycardie, fanden sich die Werte für V und E im Bereich der Norm. Die Werte für L waren entsprechend vermindert. Die Zahlen sind:

	F	V	D	E	L
Ke.	44	1,2	90	110	81
Ho.	44	1,2	110	132	99

Außer dieser vergleichenden Betrachtung verschiedener Herzen wurden ferner einige Versuche angestellt, um dasselbe Herz unter verschiedenen Umständen energometrisch zu prüfen. Dies bot zugleich einen Prüfstein für die Genauigkeit und Zuverlässigkeit des Energometers, denn man darf wohl annehmen, daß die Herzarbeit bei derselben Person an verschiedenen Tagen, wenn die äußeren Bedingungen die gleichen bleiben, dieselbe ist. Arbeitet nun das Energometer exakt, so müssen auch die Resultate von Messungen an verschiedenen Tagen dieselben sein. Es wurden zwei Personen, von denen die eine die ganze Zeit zu Bett lag, die andere ihren gewöhnlichen Beschäftigungen nachging, 9 Tage hindurch täglich gemessen. Die hierbei gefundenen Werte zeigen nur geringe Abweichungen der einzelnen Tage. Sie sollen nicht zahlenmäßig aufgeführt werden, da die Messungen am Unterschenkel gemacht wurden. Diese Methode ist für den Vergleich desselben Herzens brauchbar und darum ist auch die aus diesen Versuchen gezogene Schlußfolgerung, daß das Energometer die nötige Genauigkeit besitzt, richtig. Da sie jedoch für den Vergleich verschiedener Herzen ungeeignet ist, wurde die Meßstelle später am Oberarm gewählt. Auf diese Verhältnisse soll später näher eingegangen werden. Nachdem nun also durch diese Versuche bewiesen war, daß einmal das Energometer genau arbeitet, daß aber auch diese untersuchten Herzen eine gleichmäßige Tätigkeit hatten, wurde der eine Fall weiter untersucht. Ich möchte an dieser Stelle dem betreffenden Herrn, Dr. St., sowie dem später erwähnten Dr. F. für ihre Liebenswürdigkeit, sich zu den Versuchen, die für den passiven Teil wenig Interessantes bieten, zur Verfügung zu stellen, herzlichst danken.

Eine Reihe bei Dr. St. an verschiedenen Tagen am Oberarm bestimmter Werte zeigten dieselbe Konstanz, wie die am Unterschenkel aufgenommenen. Nach einem 6tägigen anstrengenden Jagdausflug zeigte sich nun eine deutliche Erhöhung der Werte, die auch noch 3 Tage anhielt, nachdem wieder der gewöhnlichen Beschäftigung nachgegangen wurde. Dann waren die Werte wieder normal, bis sie einige Tage darauf wieder anstiegen. Der Grund fand sich darin, daß am Morgen dieses Tages eine größere Anstrengung — Reiten — vorhergegangen war. Zahlenmäßig waren die Resultate. — Bezeichnungen wie in Tabelle III.

Tab. V.

Bemerkungen	F	V	D	E	L
vor dem Ausflug	64	1,3	110	156	167
1. Tag nach dem Ausflug	60	1,7	110	195	195
2. „ „ „ „	60	1,6	110	182	182
3. „ „ „ „	60	1,5	130	195	195
4. „ „ „ „	60	1,4	110	156	156
5. „ „ „ „	60	1,4	110	156	156
6. „ „ „ „	58	1,4	110	156	151
Ausritt	60	1,7	110	187	187
„	60	1,6	110	176	176

Man sieht hier deutlich, wie man durch die Energometrie Resultate erhalten kann, die bisher keiner Untersuchungsmethode zugänglich waren.

Eine ähnliche Versuchsreihe mit ähnlichem Ergebnis wurde noch in einem zweiten Falle bei Dr. F. gemacht. Hier bestand die Leistung in einer zweitägigen Bergtour mit einer mäßigen anstrengenden Kletterei. Die Resultate sind:

Tab. VI.

Bemerkungen	F	V	D	E	L
Normalwert von Dr. F.	64	1,2	110	132	140
Nach $2^1/_2$ stündigem Steigen auch eine Höhe von 1200 m	74	1,2	110	132	163
Nach Ankunft auf der Unterkunftsstätte — 2380 m	88	1,5	110	165	242
Am anderen Morgen nach der Nachtruhe	88	1,2	110	132	194
Bei der Rückkehr zur Hütte nach Kletterpartie auf den 2633 m hohen Gipfel	88	1,4	130	182	291
Am 1. Tag nach der Tour	56	1,4	110	154	150
„ 2. „ „ „ „	56	1,3	110	143	133
„ 3. „ „ „ „	56	1,2	110	132	123

Der komplizierende Einfluß der Höhe in diesem Falle mag für unsere Zwecke vernachlässigt werden, da aus den in gleicher Höhe über dem Meeresspiegel vorgenommenen Messungen ein deutlicher Unterschied durch die veränderten Arbeitsverhältnisse hervorgeht. Auch hier zeigt sich eine länger dauernde Nachwirkung der körperlichen Leistung.

Die letzten Werte der vorhergehenden Reihe wurden bei Dr. F. bei gelegentlich vorgenommenen Untersuchungen immer wieder gefunden. Es folgte nun eine 6tägige, äußerst anstrengende Bergtour. Nachstehende Zahlen zeigen die lange Nachwirkung.

Tab. VII.

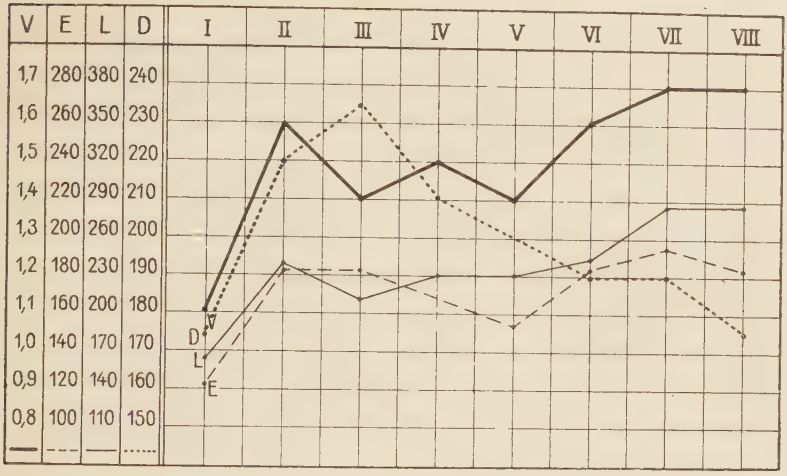
Bemerkungen	F	V	D	E	L
Am Abend des letzten Tourentages	53	1,4	110	182	161
Am 1. Tag nach der Tour	50	1,6	130	208	173
„ 2. „ „ „ „	60	1,4	110	169	169
„ 3. „ „ „ „	60	1,4	110	169	169
„ 4. „ „ „ „	60	1,4	110	156	156
„ 5. „ „ „ „	64	1,4	110	156	166
„ 6. „ „ „ „	58	1,5	110	165	160
„ 7. „ „ „ „	60	1,4	110	156	156
„ 9. „ „ „ „	60	1,2	110	154	132
„ 10. „ „ „ „	68	1,2	110	154	150

Eine weitere Reihe von Beobachtungen beschäftigt sich mit der Adrenalinwirkung auf den Kreislauf. Injiziert wurde ein ccm 1 ‰ Suprarenin und die Messungen in Abständen von 10 Minuten ausgeführt. Die Resultate wurden in ein Schema eingetragen. Hier findet sich auf der Abscisse die Zeit in Abständen von je 10 Minuten markiert. Die Ordinate hat Teilungen für V, E L und dem Blutdruck, hier gemessen in Zentimeter Wasser. Unter Blutdruck ist hier der palpatorisch bestimmte maximale verstanden. Er wurde mit der Manschette des Energometers aufgenommen und an dem zu dem Apparat gehörigen Manometer abgelesen. Bei dieser Anordnung findet er sich beim gesunden Mann gewöhnlich in der Höhe von 150—180. Es sei noch bemerkt, daß die Manschette während der Dauer des Versuches am Oberarm an der gleichen Stelle liegen blieb, so daß also Veränderungen durch eine verschiedene Applikation der Manschette ausgeschlossen waren.

Die Verhältnisse, die sich hierbei ergaben, mögen nun zunächst

an Kurve 1 erläutert werden, da diese wohl den klarsten Befund liefert.

Kurve 1. Fromm, Sally. I, 32.



Erklärung: I vor der Injektion, II 10 Min., III 20 Min., IV 30 Min., V 40 Min., VI 50 Min., VII 60 Min., VIII 70 Min. nach der Injektion.

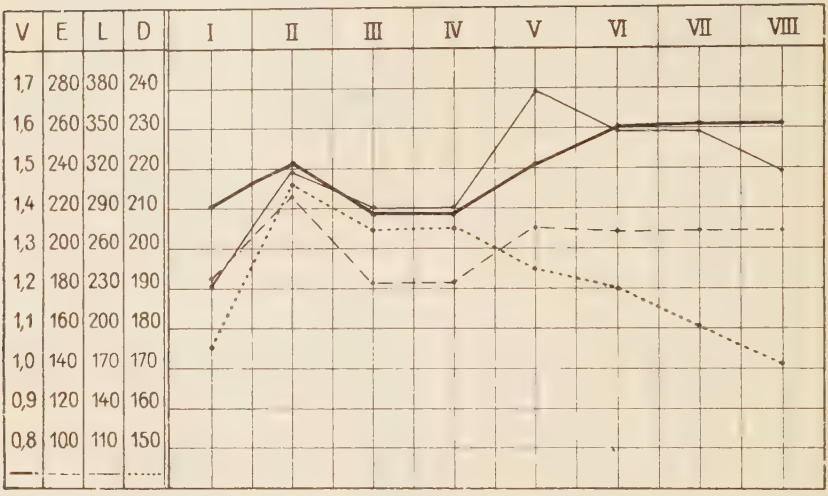
Die Blutdruckkurve steigt, wie dies ja bekannt ist, nach Adrenalininjektion an, um dann nach einer individuell verschiedenen, aber jedenfalls kurzen Zeit — einen normalen Kreislauf vorausgesetzt — wieder zum Anfangswert zurückzukommen.

Die Volumenkurve steigt entsprechend der Herzwirkung des Adrenalins auch zunächst an, im Moment des höchsten Blutdruckes, dem wohl der Höhepunkt der peripheren Gefäßverengerung entsprechen dürfte, sinkt sie ein wenig, um dann wieder stark zu steigen. Auch die Energie- und Leistungskurven steigen in entsprechender Weise. Nach Verlauf einer Stunde, wo im vorliegenden Fall der Blutdruck wieder zur Norm zurückgekehrt ist, zeigen die anderen Kurven noch eine erhebliche Steigerung. Erst nach Verlauf mehrerer Stunden waren auch die Werte dieser Kurve wieder zur ursprünglichen Höhe zurückgekommen. Durch diese Befunde kommt wohl eine die Gefäßwirkung des Adrenalins überdauernde Wirkung auf das Herz zum Ausdruck.

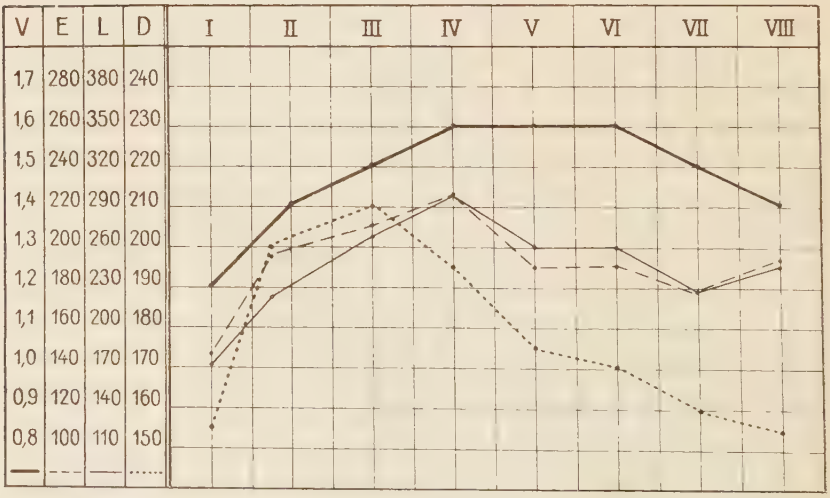
Das wesentliche dieser Kurven ist also die Kreuzung der Blutdruckkurve einerseits mit den drei anderen Kurven. Dies findet sich mehr oder weniger ausgesprochen auch bei den folgenden

Kurven 2—5 wieder. Nur in Kurve 6 wird eine parallel gehende Kurve beobachtet. Auf eine Erklärung dieses abweichenden Verhaltens wird weiter unten einzugehen sein.

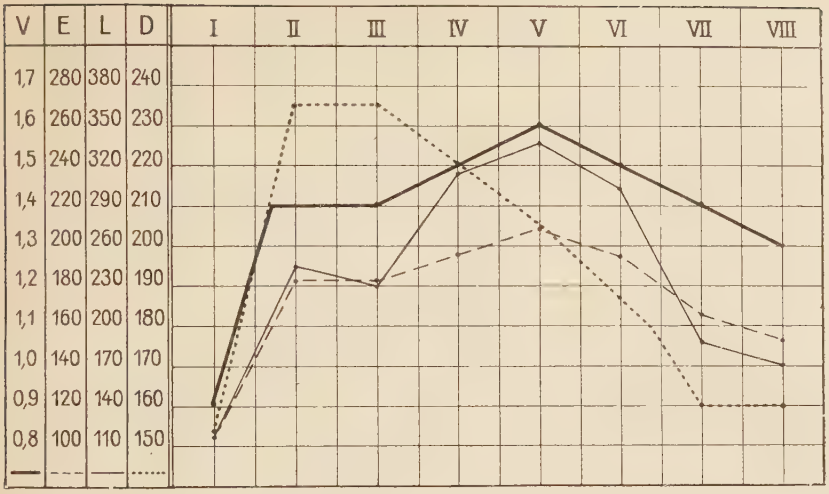
Kurve 2. Klaussner. IV, 14.



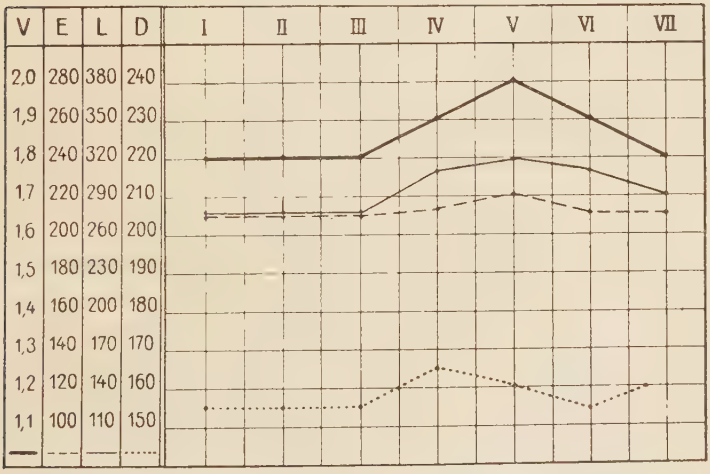
Kurve 3. Sigalas. IV, 18.



Kurve 4. Wildstein. IV, 16.



Kurve 5. Andert. II, 30.

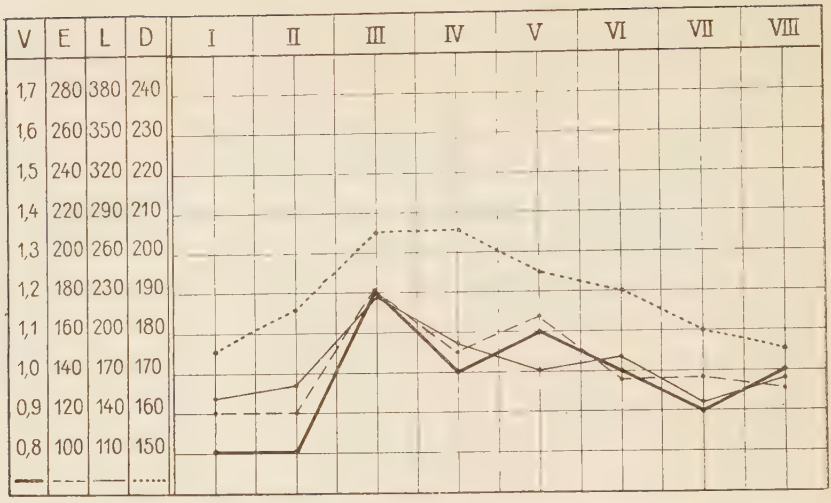


An diese Resultate der Energometrie mögen sich nun noch einige weitere Erörterungen anreihen.

Die Form der Stauungskurve.

Christen hat angegeben, die den verschiedenen Drucken in der Manschette zugehörigen Werte für Volumen und Energie in

Kurve 6. Freinkl. II, 32.



Erklärung: I vor der Injektion, II 10 Min., III 20 Min., IV 30 Min., V 40 Min., VI 50 Min., VII 60 Min. später nach der Injektion.

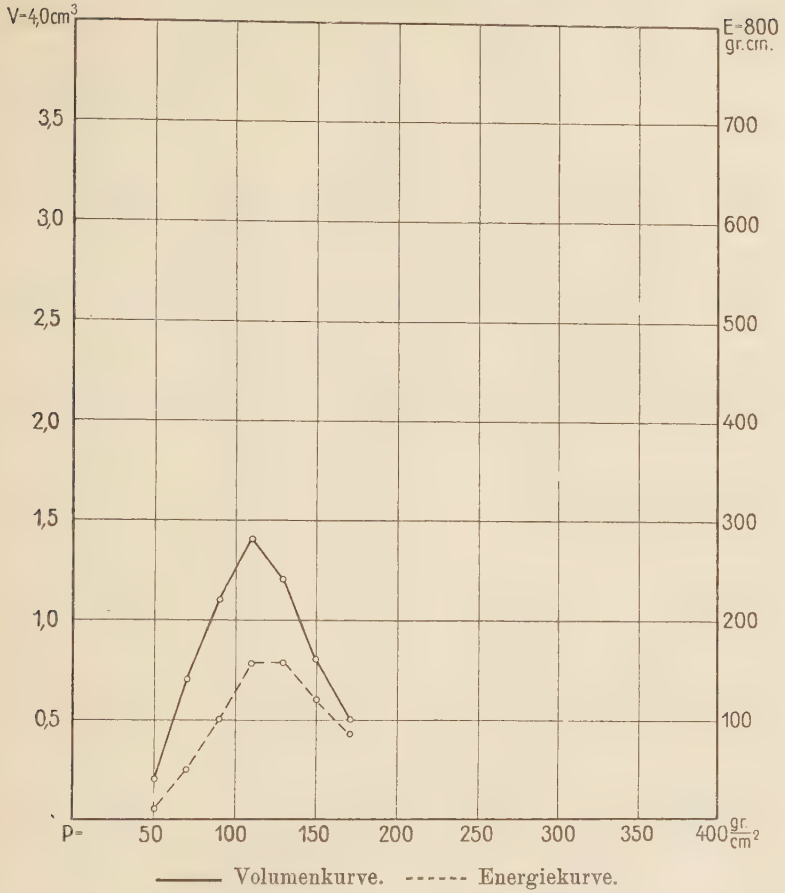
ein Ordinatenschema einzutragen und hat die auf diese Art gewonnene Kurve Stauungskurve genannt.

Kurve 7 stellt eine solche Kurve dar.

Auf der Abscisse sind die Drucke eingetragen, während sich auf der Ordinate Teilungen für Volumen und Energiewerte befinden.

Betrachten wir zunächst die Volumenkurve. Hier sind zwei Extreme zu unterscheiden. In den allermeisten Fällen ist ihre Form analog Kurve 7. Das andere Extrem stellt Kurve 8 dar. Wir finden also das eine Mal einen aufsteigenden Schenkel, eine deutliche Spritze und einen absteigenden Schenkel, das andere Mal statt der Spitze ein Plateau. Man muß sich jedoch hüten, ein Plateau zu konstruieren, wenn bloß zwei aufeinander folgende Volumenwerte die gleichen sind. Geht man nämlich, wie es bei den vorliegenden Kurven geschehen ist, bei der Aufnahme so vor, daß man schematisch die Volumenwerte bei einem immer um 20 g/ccm verschiedenen Drucke in der Manschette bestimmt, so passiert es häufig, daß die zwei aufeinanderfolgenden höchsten Werte gleich sind, daß der Kurve also eine Spitze fehlt. In den meisten Fällen dieser Art gelingt es aber doch, eine Spitze herzustellen, wenn man von seinem Schema abgeht und den Volumenwert für einen

Kurve 7. Schn., 22 Jahre, Student. Klinisch: Herz o. B.



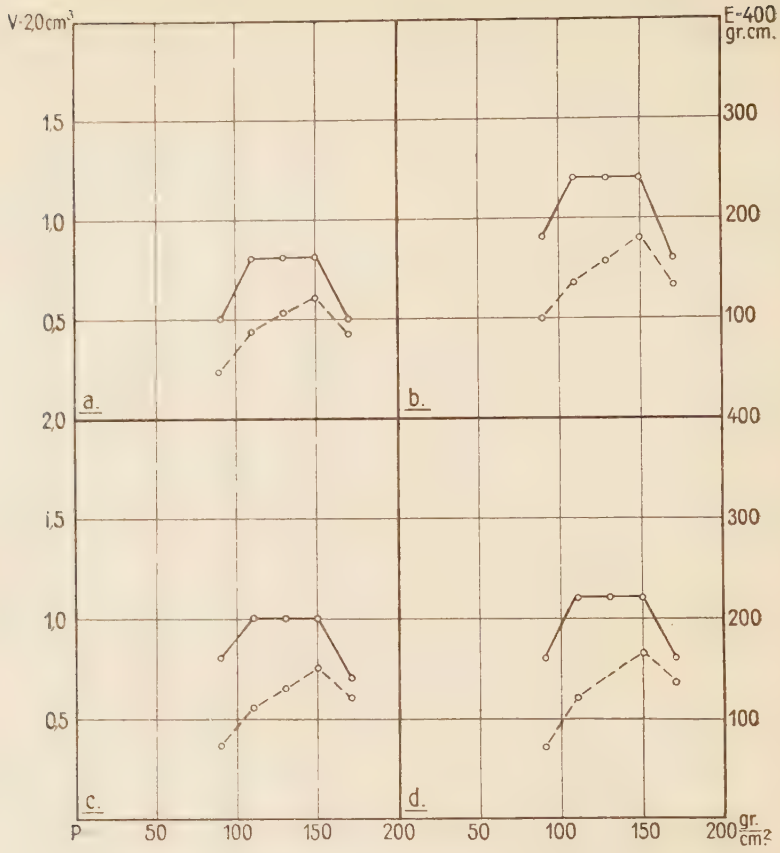
——— Volumenkurve. ------ Energiekurve.

dazwischen liegenden Druck abliest. Man darf also nur dann ein Plateau annehmen, wenn mindestens drei aufeinanderfolgende Volumenwerte die gleichen sind.

Kurven 8 und 9 zeigen nun je 4 Kurven vereint, die jedesmal von derselben Person stammen. Sie wurden aufgenommen, während die Personen unter Adrenalinwirkung standen, wenn also die Verhältnisse im Kreislauf geändert waren. Man kann sehen, wie hier die Typen „Spitze“ und „Plateau“ beibehalten sind.

Um diese verschiedenen Formen zu verstehen, muß man das Aufnahmevermögen des unter der Manschette liegenden Arterienstückes in Betracht ziehen.

Kurve 8. S. Fr., 26 Jahre, Student. Klinisch: Herz o. B.

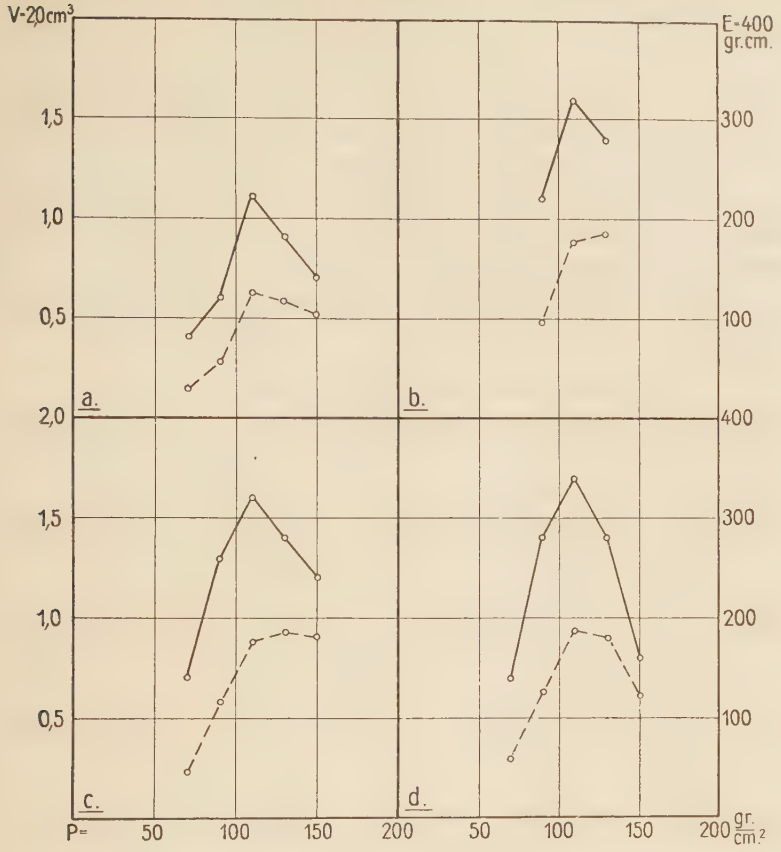


Kurve a: Normalwert.
„ b: 20 Min. nach Injektion von 1 ccm 1‰ Adrenalin.
„ c: 30 „ „ „ „ „ „ „ „
„ d: 40 „ „ „ „ „ „ „ „
——— Volumenkurve. ------ Energiekurve.

Ist dies praktisch — für die hier zu berücksichtigenden Mengen Blut — unbegrenzt, so hängt die Füllung des Arterienstückes und also auch das abgelesene Volumen nur von dem Druck der Manschette ab. Einmal muß dann unbedingt ein größtes Volumen unter die Manschette fließen.

Ist dagegen das Fassungsvermögen des Arterienstückes begrenzt, so wirkt dies natürlich auf die Füllung ein. Wenn auch der Manschettendruck noch eine größere Füllung gestatten würde, so widersetzt sich dem die Arterie, und sie erhält so lange die

Kurve 9. S. F., 21 Jahre, Student. Klinisch: Herz o. B.



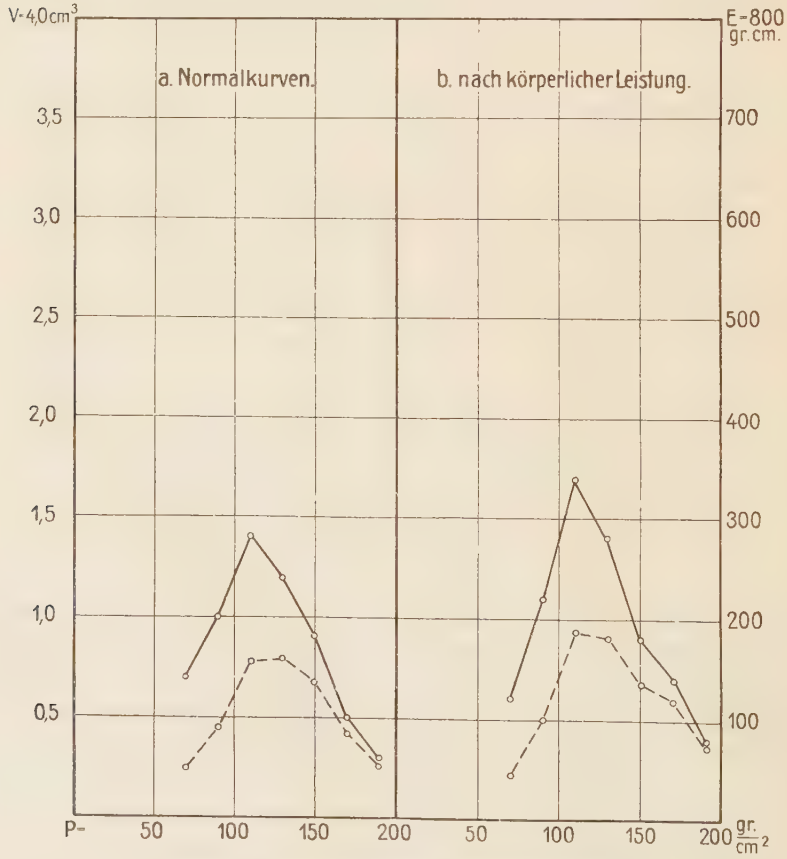
Kurve a: Normalwert.
b: 10 Min. nach Injektion von 1 ccm 1‰ Adrenalin.
c: 50 „ „ „ „ „ „ „
d: 70 „ „ „ „ „ „ „
——— Volumenkurve. ------ Energiekurve.

gleiche Füllung, bis der Manschettendruck eine gewisse Höhe überschritten hat. Es handelt sich mit anderen Worten um Gefäße, deren Dehnbarkeit sehr gering ist. So dürfte die Entstehung des Plateaus zu erklären sein. Daß im vorliegenden Fall Fig. 2 bei b, c, d trotzdem größere Volumina bestimmt sind, darf nicht stören, da ja durch das Adrenalin neben der Gefäßwirkung wohl auch eine Steigerung der herzsystolischen Arbeit bewirkt wird. Ist nun diese Erklärung des Plateaus richtig, so könnte man es auch in Fällen mit einem großen Pulsvolumen, etwa bei einer Aorten-

insufficienz erwarten. Christen beschreibt es auch als typisch für diese Erkrankung. In den hier untersuchten Fällen konnte es jedoch nicht gefunden werden. Nötig ist es theoretisch, ja auch nicht, nur würde es hier wahrscheinlich sein.

Das Herz des Patienten, dem die Stauungskurven in Kurve 8 zugehören, war auskultatorisch, perkutorisch und auf den Röntgenschirm als nicht verändert zu erkennen. Auf Adrenalin waren die objektiven und subjektiven Symptome gering. Jedoch klagte Patient, das er auf ein Glas Bier hin und bei der geringsten Aufregung noch tagelang Herzklopfen verspüre. Von diesem Patienten stammt auch die Adrenalinkurve, die keine Kreuzung der Blutdruckkurve mit den Kurven für V, E, L zeigte. Die Vermutung

Kurve 10. Dr. St., 25 Jahre. Klinisch: Herz o. B.

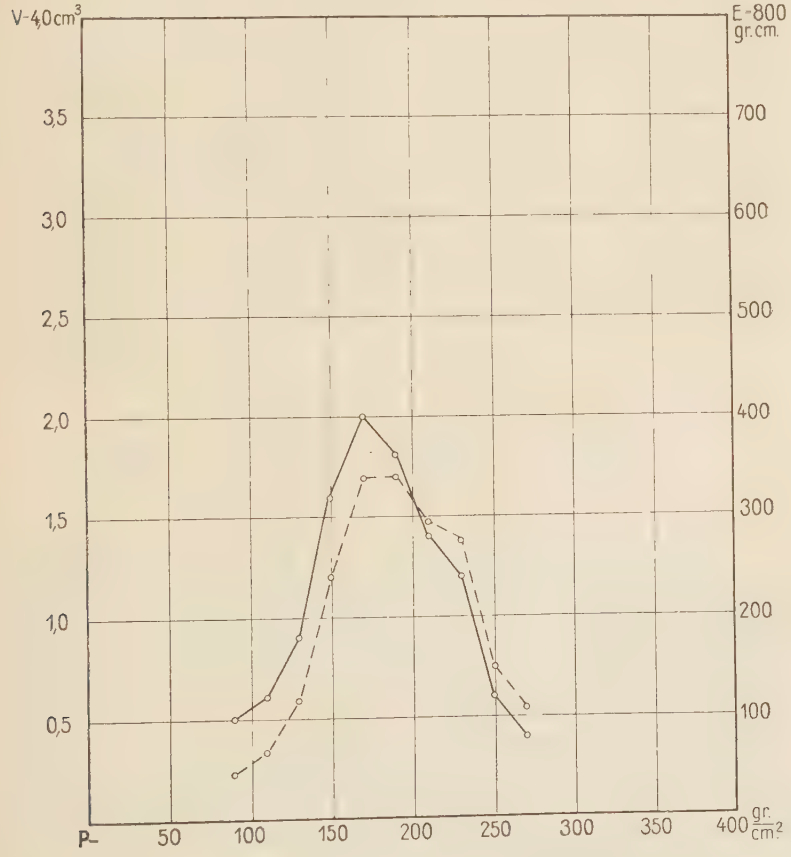


—— Volumenkurve. ------ Energiekurve.

liegt nahe, daß auch für diese Erscheinung, wie für die Plateaubildung abnorme Verhältnisse in der Weitbarkeit der Gefäße verantwortlich gemacht werden müssen.

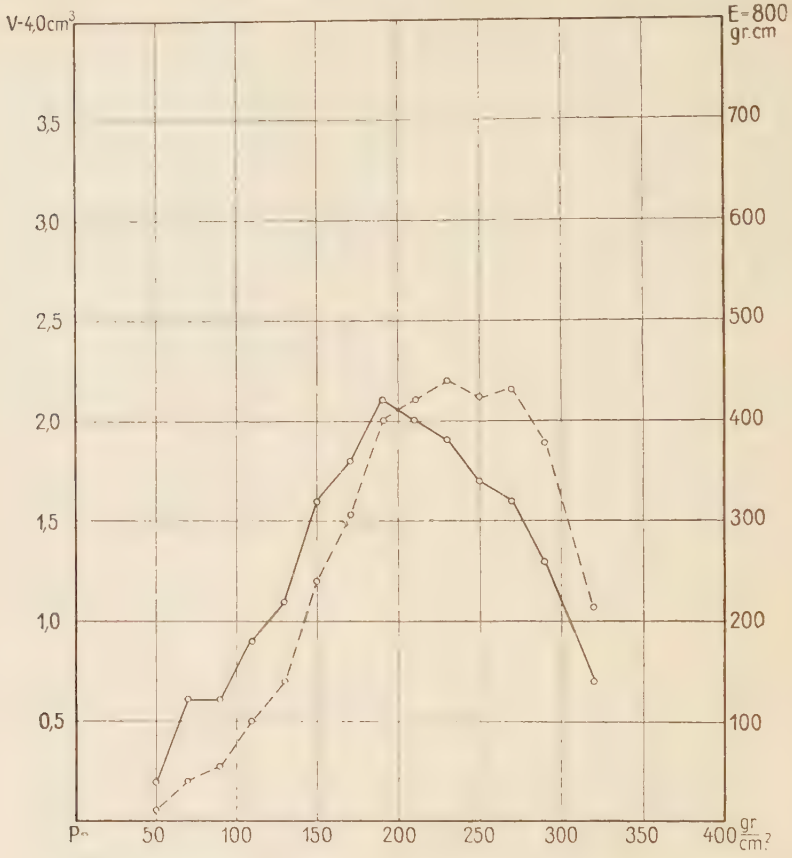
Neben diesen geschilderten zwei Grundformen der Stauungskurve gibt es Verschiedenheiten insofern, als die Kurve mehr oder weniger steil sein kann. Es hängt dies davon ab, bei welchem Manschettendruck das größte Volumen erreicht wird. Ist der Druck der gleiche und das Volumen größer, so ist die Kurve steiler, Kurve 10, z. B. bei derselben Person nach Arbeit. Ist der Druck im Kreislauf erhöht, so wächst die Breite der Kurve. Die Steilheit hängt wieder von dem Blutvolumen ab, Kurve 11 und 12.

Kurve 11. F. L., 47 Jahre, Tagelöhner. Herzhypertrophie infolge von chron. Nephritis. Blutdruck 280 ccm Wasser.



——— Volumenkurve. ------ Energiekurve.

Kurve 12. Se., 63 Jahre. Herzhypertrophie infolge von chron. Nephritis. Blutdruck: 295 cm Wasser.



Volumenkurve. ----- Energiekurve.

Auf die kleinen Abweichungen und Knickungen im auf- und absteigenden Schenkel darf kein zu großes Gewicht gelegt werden. Es zeigt sich nämlich bei den Versuchen, daß diese kleinen Volumenwerte bei verschiedenen Messungen derselben Person erheblich schwanken können, während die großen eine erfreuliche Konstanz zeigen.

Die Form der Energiekurve ist bestimmt durch die Volumenkurve. Sie zeigt meist ein mehr oder weniger horizontales Plateau, dessen Länge von der Steilheit des absteigenden Schenkels der Volumenkurve abhängt.

Stelle der Messung.

Christen empfiehlt als Stelle der Manschettenapplikation die Wade. Er rühmt ihr vor dem Oberarm, der gewöhnlich zu Manschettenexperimenten benutzt wird, als Vorteil nach: die Energie des Pulses im Unterschenkel ist größer, als im Oberarm. Außerdem fallen die unangenehmen selbst schmerzhaften Sensationen weg, die bei Umschnürung des Oberarms auftreten. Auch wir benutzten, dieser Anleitung folgend, zuerst die Wade. Die hierbei erhaltenen Werte zeigten aber solch gänzlich verschiedene Verhältnisse bei verschiedenen Personen, daß sie wenig befriedigten und gänzlich unerklärbar waren. Da brachte endlich die Beobachtung des Blutdruckes Aufschluß.

Am Unterschenkel sind es zwei Arterien, die sich peripher so fortsetzen, daß sie bei Bestimmung des Blutdruckes benutzt werden können. Es sind dies die Art. tibialis posterior und die Art. tibialis anterior, die sich fortsetzt als Art. dorsalis pedis. Die Palpationsstellen liegen für die A. tib. post. hinter dem Condylus medialis cruris, für die A. dors. ped. auf dem Fußrücken. Beobachtet man nun, bei welchem Druck in der um die Wade gelegten komprimierenden Manschette die periphere Welle erlischt, so findet man in einigen Fällen, daß dies für beide Arterien bei dem gleichen Druck geschieht. In der Mehrzahl der Fälle zeigen sich aber hier bedeutende Unterschiede sowohl zwischen diesen beiden Arterien, wie in ihrem Vergleich mit der Art. brachialis, so fand sich der Blutdruck bei Palpierung der

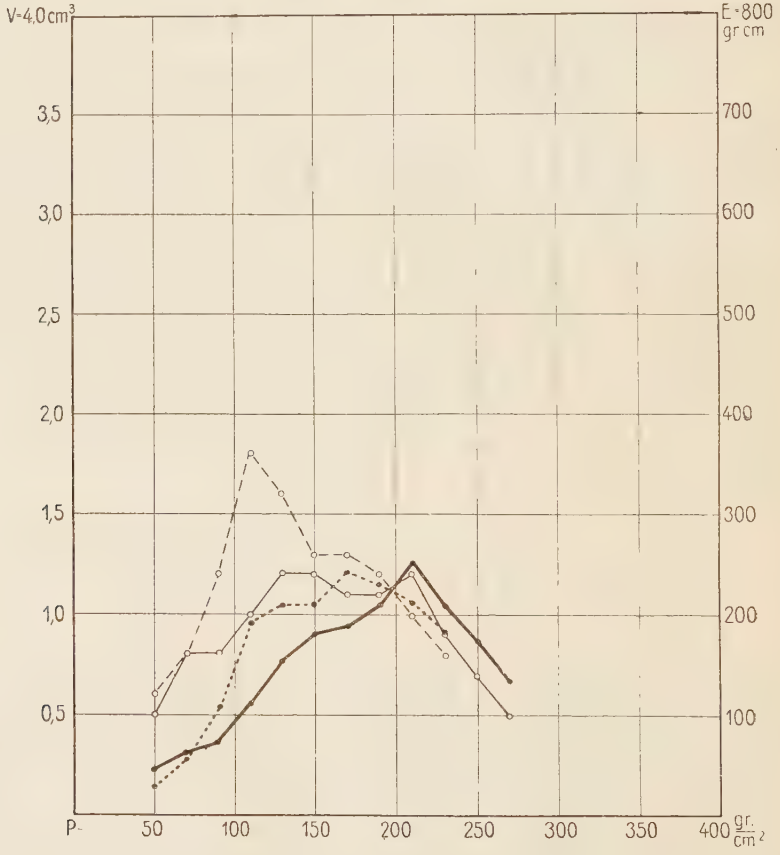
	A. tib. post.	A. dors. ped.	A. brach.
Ob.	190	150	160
Kr.	355	300	200
Sch.	205	150	165

In einem Fall gelang es überhaupt nicht, mit den zur Verfügung stehenden Drucken die A. tib. post. pulslos zu machen. In der A. dors. ped. erlosch hier die Welle bei einem Druck von 230.

Diese großen Verschiedenheiten können wohl nur darin ihren Grund haben, daß die Arterien ungleich von dem Druck in der Manschette getroffen werden. Wären die Unterschiede nur gering, so könnte man annehmen, daß die größere Energie des größeren Blutvolumens der A. tib. post. das Hindernis, das durch die umschnürende Manschette geschaffen ist, länger überwinden könne, als die geringere der A. tib. ant. Der zuletzt angeführte Fall zeigt aber deutlich, daß dies der Grund nicht sein kann.

Bleiben wir zunächst bei der Tatsache, daß die beiden Arterien der Wade sich offenbar bei verschiedenen Drucken schließen, und daß, wie die angeführten Beispiele zeigen, diese Verschiedenheit ohne bestimmtes Gesetz, ganz willkürlich besteht, so ergibt sich hieraus, wie ungeeignet die Wade für Energiemessungen ist. Am Oberarm dagegen fällt diese Fehlerquelle weg. Hier kommt noch eine Arterie in Betracht, da man wohl die ja auch wechselnd starke Ausbildung der Art. profunda brachii außer acht lassen darf. Als

Kurve 13. Nu., ♀, 20 Jahre. Aorteninsufficienz mit Vergrößerung des Herzens.

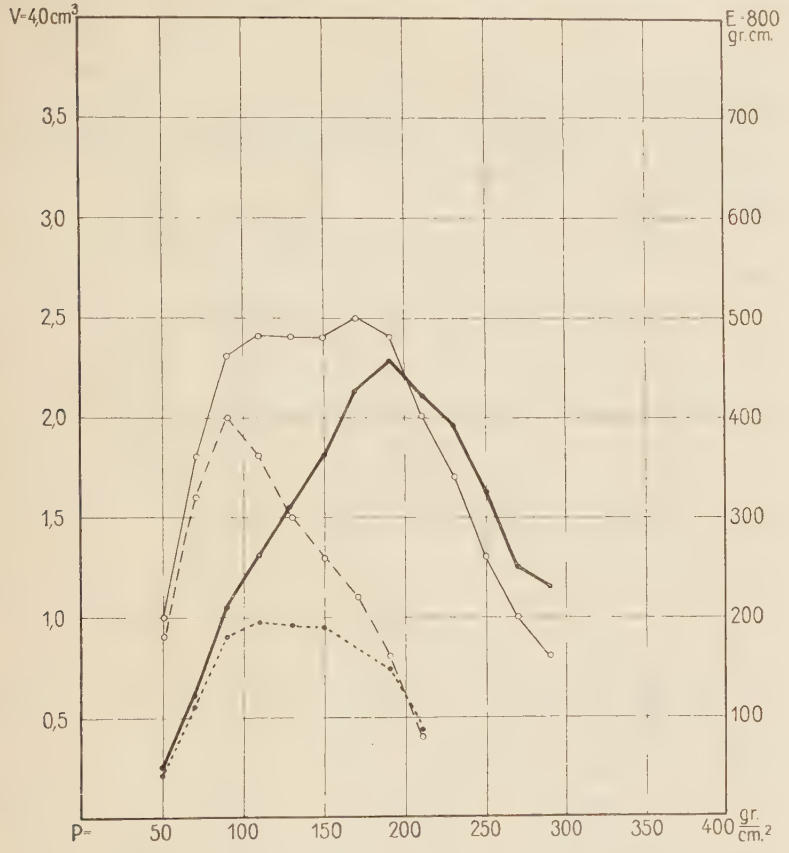


Hier wurde der Vergleich der Kompression einer und mehrerer Arterien gegeben durch Applikation der Manschette, einmal am Unterschenkel, das andere Mal am Oberschenkel. Die Muskulatur der Pat. war so gering, daß eine Anlegung am Oberschenkel möglich war.

o- - - - - o Volumenkurve d. Oberschenkels. ····· Energiekurve d. Oberschenkels.
o — - - o Volumenkurve d. Unterschenkels. ——— Energiekurve d. Unterschenkels.

Beispiel für das Verhalten bei der Kompression einer und mehrerer Arterien zueinander mögen die Kurven 13 und 14 dienen. Erklärungen bei den Figuren.

Kurve 14. Kr., 53 Jahre, Aorteninsufficienz mit Vergrößerung des Herzens.



o----o Volumenkurve des Oberarmes. ····· Energiekurve des Oberarmes.
o——o Volumenkurve d. Unterschenkels. ——— Energiekurve d. Unterschenkels.

Was die Schmerzen bei der Anlegung der Manschette am Oberarm angeht, so konnten wir häufiger auf Befragen die Angabe eines leichten Prickelgefühls in der Hand hören. Schmerzen, die die Messung störten, waren aber nur in zwei Fällen vorhanden. Hier handelte es sich um länger dauernde Messungen bei erhöhtem Blutdruck. Die Schmerzen wurden durch die lange und nicht etwa die starke Kompression erzeugt, denn erniedrigte man den Druck

für kurze Zeit auf 0 und fuhr dann bei erhöhten Drucken mit der Aufnahme der Werte fort, so wurden keine Schmerzen mehr verspürt.

Es bleibt noch übrig, eine Erklärung der oben angeführten auffälligen Blutdruckbefunde zu geben. Offenbar ist in den mitgeteilten Fällen der Druck zwischen Arterienwand und dem umgebenden Gewebe für die 3 Arterien nicht gleich. Aber worin hat dies seinen Grund? Bei oberflächlicher Betrachtung könnte man annehmen, daß die zwischen Manschette und Arterienwand eingeschalteten verschieden dicken Weichteile den Druck veränderten. Wenn aber die Weichteile als solche infolge ihrer Qualität und Quantität die Schuld daran trügen, dann wäre wiederum nicht zu erklären, warum in anderen Fällen der Druck bei den drei Arterien gleich gefunden wurde. Auch Christen beschäftigt sich mit der Frage, ob der Druck zwischen Manschette und Haut verschieden sei von dem, der zwischen Arterienwand und umgebendem Gewerbe herrscht. Er beantwortet sie mit einem glatten Nein, und stellt zum Beweis die Gegenfrage, welches mechanische Moment denn für einen solchen angenommenen Unterschied in Betracht komme. In der Tat läßt sich ein mechanisches Moment hier schwer vorstellen, es sei denn, daß man etwa das bei entspannter Muskulatur jedenfalls geringe Bestreben der Weichteile, ihre Form zu bewahren, heranzöge. Die Erklärung für die oben erwähnten Befunde muß darum auf einem anderen Gebiete gesucht werden. Sie ist zu finden bei der Betrachtung des anatomischen Baues der Extremität. Ein Querschnitt durch den Unterschenkel zeigt, wie hier eine Reihe von Geweben mit verschiedenen Elastizitätskoeffizienten am Aufbau der Extremität beteiligt ist. Man kann sich nun unschwer vorstellen, daß durch die Kombination von Muskeln, Sehnen, Fascien und zwei Knochen, zwischen denen die Arterien verlaufen, komplizierte, mechanische Verhältnisse entstehen, so daß die Arterien infolge dieses Aufbaues aus vielen einzelnen Teilen stellenweise in ausgesparten Räumen liegen, die bei einer Kompression der Extremität zunächst unbeteiligt bleiben. Am Oberarm liegen die Verhältnisse in dieser Hinsicht weit günstiger.

Diese Erklärung findet ihre Bestätigung durch die im Deutschen Archiv f. kl. Med. Bd. 110 veröffentlichten Experimente Christen's, der einen Gummibeutel unter die Wadenmuskulatur einer Leiche legte, und um das Glied seiner Manschette anpaßte. Er fand nun, wenn er das Volumen des Beutels durch Füllung mit Wasser vergrößerte, daß dies in der Manschette eine Druckerhöhung zur Folge hatte, die gleich war der Erhöhung, die er erhielt, wenn er das

Volumen der Manschette in gleichem Maße verkleinerte. Für den relativ großen Gummibeutel gab es eben keine ausgesparten Räume.

Bemerkungen zur Technik der Energometrie und zur Vermeidung von Fehlerquellen finden sich in der nachfolgenden Arbeit von Dunkan.

Zusammenfassung.

Die durch das Energometer bestimmte Energie des Pulsstoßes ist auch bei Herzgesunden keine konstante Größe. Den Schwankungen der bei verschiedenen Personen gefundenen Werte sind jedoch Grenzen gesetzt, die die Aufstellung eines Mittelwertes erlauben.

Bei Muskelarbeit ist die Leistung erhöht.

Ebenso finden sich bei Herzhypertrophie größere Werte in den Fällen von Hypertrophie, wo die gesteigerte Arbeit des Herzens dem arteriellen System unmittelbar zugute kommt.

Länger dauernde körperliche Anstrengungen hinterlassen eine Nachwirkung durch mehrere Tage hindurch im Sinne einer vermehrten Herzarbeit.

Nach Adrenalininjektion steigt die Herzenergie, z. T. unabhängig von der Blutdrucksteigerung.

Für die Untersuchung des Kreislaufes mit der pneumatischen Manschette ist der Unterschenkel als Ort der Anlegung der Manschette ungeeignet.

Die Energometrie gestattet es, genauer als dies bis jetzt möglich war, das Problem zu studieren: Wie ist das Verhältnis zwischen vermehrter Energie des Einzelpulses und erhöhter Pulsfrequenz bei erhöhter Beanspruchung des Kreislaufs während Muskelarbeit. Die vorliegenden Untersuchungen zeigen, wie verschieden die individuelle Reaktion der Kreislaufsorgane auf Arbeit ausfallen kann.

Zum Schlusse erlaube ich mir Herrn Prof. Fr. v. Müller zu danken für die Uberlassung des Apparates und für die Erlaubnis in seiner Klinik die Versuche anstellen zu dürfen.

Herrn Privatdozent Dr. Edens danke ich für die Anregung zu dieser Arbeit und für seinen Rat bei ihrer Ausführung.

Literatur.

1. Christen, Die Pulsdiagnostik auf mathematisch-physikalischer Grundlage. Zeitschr. f. experim. Pathol. u. Therap. Bd. 6.
2. Ders., Neue Wege in der Pulsdiagnostik. Zeitschr. f. klin. Med. Bd. 71.
3. Ders., Die neuen Methoden der dynamischen Pulsdiagnostik. Ebenda Bd. 73.
4. Ders., Zur Kritik der Energometrie und Sphygmobolometrie. Ebenda Bd. 74.
5. Ders., Die neuen Methoden der dynamischen Pulsdiagnostik ohne Mathematik dargestellt. Münchner med. Wochenschr. 1912 Nr. 15.
6. Ders., Das Energieprinzip in der Medizin. Schweizer Rundschau f. Med. 1911 Nr. 31 u. 32.
7. Ders., Über die Verwendung des Sphygmographen zu Energiemessungen am Pulse. Ebenda 1911 Nr. 48.
8. Ders., Die Stauungskurve des Pulses und das Energieproblem. Deutscher Kongr. f. inn. Med. 1911.
9. Ders., Neue Untersuchungen über Pulsmechanik. Wiener med. Wochenschr. 1912 Nr. 15.
10. Ders., Bemerkungen zu dem verbesserten und vereinfachten Sphygmobolometer. Deutsches Arch. f. klin. Med. Bd. 109.
11. Ders., Neue Experimente zur dynamischen Pulsdiagnostik. Ebenda Bd. 110.
12. Hapke, Kreislaufdiagnostik mit dem Energometer (Christen). Deutscher Kongr. f. inn. Med. 1913.
13. Sahli, Über das absolute Sphygmogramm. Deutsches Arch. f. klin. Med. Bd. 81.
14. Ders., Die Sphygmobolometrie. Eine neue Untersuchungsmethode der Zirkulation. Deutsche med. Wochenschr. 1907 Nr. 16 u. 17.
15. Ders., Über den weiteren Ausbau der Sphygmobolometrie oder energetischen Pulsuntersuchung. Ebenda 1910 Nr. 47.
16. Ders., Weitere Beiträge zur Kritik der Sphygmobolometrie und zur Verbesserung ihrer Methodik. Zeitschr. f. klin. Med. Bd. 74.
17. Ders., Über die Verwendung moderner Sphygmographen, spez. des Jaquetschen zu sphygmobolometrischen Untersuchungen. Korrespondenzbl. f. Schweiz. Ärzte 1911 Nr. 16.
18. Ders., Lehrbuch der klinischen Untersuchungsmethoden. 6. Aufl. 1913.
19. Lipowetzky, Sphygmobolometrische Untersuchungen an Gesunden und Kranken mittels des Sahli'schen Sphygmobolographischen Verfahrens.

Lebenslauf.

Ich wurde geboren am 15. V. 1889 zu Aachen als Sohn des jetzigen Rentners, damaligen Fabrikanten Gustav Drouven. Die erste Schulbildung erhielt ich in der Vorschule des Kaiser-Karls-Gymnasiums zu Aachen. Dann besuchte ich das Gymnasium selbst und erhielt zu Ostern 1907 dort das Reifezeugnis. Ich wählte das Studium der Medizin, studierte in Freiburg i. B. und München und bestand in Freiburg Ostern 1910 die ärztliche Vorprüfung. Die klinischen Semester verbrachte ich in Kiel, Bonn und München. Hier beendete ich am 19. XII. 1912 das med. Staatsexamen. Als Medizinalpraktikant war ich die ersten 4 Monate an der Poliklinik in München und zwar auf der dermatologischen und laryngologischen Abteilung beschäftigt. Jetzt bin ich in der kgl. Universitäts-Kinderklinik.

G. Pätz'sche Buchdr. Lippert & Co. G. m. b. H., Naumburg a. d. S.

G. Pätz'sche Buchdruckerei
LIPPERT & Co. G. m. b. H.,
::: Naumburg a. d. S. :::